

# 黄河中游多沙粗沙区水沙分布及变化特征分析

潘启民, 乔永杰, 刘东旭, 徐建华

(黄河水利委员会 水文局, 河南 郑州 450004)

[关键词] 水沙分布; 变化特征; 多沙粗沙区; 黄河中游

[摘 要] 黄河中游多沙粗沙区年均降水总量 331.01 亿  $m^3$ , 年均水资源量 33.93 亿  $m^3$ , 其中年均地表水资源量 31.18 亿  $m^3$ , 年均水资源模数为 4.32 万  $m^3/km^2$ , 产水系数为 0.10; 多沙粗沙区年均降水量第三期治理区最大、第一期治理区最小, 年均水资源模数和产水系数第一期治理区最大、第三期治理区最小; 1956~2000 年, 多沙粗沙区各年代年均降水量和水资源总量总体呈递减趋势; 多沙粗沙区全沙和粒径  $\geq 0.1$  mm 的粗泥沙输沙模数、单位地表水资源全沙和粒径  $\geq 0.1$  mm 的粗泥沙产沙量、单位降水粒径  $\geq 0.1$  mm 的粗泥沙产沙量均是第一期治理区最大、第三期治理区最小。第一期治理区是当前向黄河输送粗泥沙的集中区域, 应当首先作为黄河“治沙”工程的重点地区, 尽快安排实施。

[中图分类号] P333.4; TV882.1 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2007)01-0041-03

黄河流域的黄土高原是世界上黄土分布面积最广、厚度最大的地区, 同时也是世界上水土流失最严重的地区之一, 位于黄河中游 7.86 万  $km^2$  的多沙粗沙区更是水土流失的重中之重。考虑到即将对黄河中游多沙粗沙区进行高强度的分期治理, 我们以第二次黄河流域水资源评价的基本成果为基础, 在黄河中游多沙粗沙区各期治理区支流套县级行政区的框架下, 分别采用多年平均等值线图量算, 再借助代表站进行历年分配或直接采用 1956~2000 年模数类比等方法, 推算黄河中游多沙粗沙区各期治理区 1956~2000 年降水量、地表水资源量和地下水资源量, 分析其分布与变化特征。同时, 根据 1954~1969 年的实测数据, 分析多沙粗沙区的基本产沙特点, 旨在为多沙粗沙区治理分区服务。

黄河中游多沙粗沙区共分 3 期治理, 第一期治理区面积

18 803  $km^2$ , 位于多沙粗沙区北部; 第二期治理区面积 20 633  $km^2$ , 大多位于第一期治理区南部、第三期治理区北部; 第三期治理区面积 39 163  $km^2$ , 基本位于多沙粗沙区南部。

## 1 降 水

多沙粗沙区 1956~2000 年年均降水量为 421.2 mm, 折合降水总量为 331.01 亿  $m^3$ 。

### 1.1 降水量的地区分布

多沙粗沙区的降水受纬度、水汽来源以及地形变化的综合影响, 降水量在面上的变化比较复杂。多沙粗沙区各治理期分区年均降水量以第三期治理区的 432.6 mm 为最大, 其次为第二期治理区的 426.2 mm, 第一期治理区最小(见表 1), 年均降水量由东南向西北递减。

表 1 黄河中游多沙粗沙区 1956~2000 年年均水资源量分析成果

分 期	面 积 ( $km^2$ )	降水量 (mm) (亿 $m^3$ )		地表水资源量 (亿 $m^3$ )	不重复的地下水资源量 (亿 $m^3$ )	水资源总量 (亿 $m^3$ )	水资源模数 (万 $m^3/km^2$ )	产水系数
第一期	18 803	391.7	73.65	10.19	0.17	10.36	5.51	0.14
第二期	20 633	426.2	87.94	7.99	1.47	9.46	4.58	0.11
第三期	39 163	432.6	169.42	13.00	1.11	14.11	3.60	0.08
全 区	78 599	421.2	331.01	31.18	2.75	33.93	4.32	0.10

### 1.2 降水量的年代变化

将 1956~2000 年分别划分为 20 世纪 50、60 年代(1956~1969 年)、20 世纪 70 年代(1970~1979 年)、20 世纪 80 年代(1980~1989 年)和 20 世纪 90 年代(1990~2000 年)等 4 个年代, 统计以上各年代年均降水量分析成果, 可绘制出多沙粗沙区各年代年均降水量柱状图(图 1)。

由图 1 可以看出, 从 20 世纪 50、60 年代开始至 20 世纪末, 多沙粗沙区各年代年均降水量总体呈递减趋势。各期治理区不同年代年均降水量变化趋势与此相似。

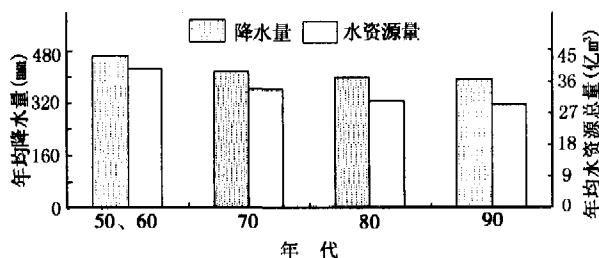


图 1 黄河中游多沙粗沙区不同年代年均降水量与水资源总量柱状图

## 2 水资源

多沙粗沙区年均水资源总量为 33.93 亿  $\text{m}^3$ , 其中地表水资源 31.18 亿  $\text{m}^3$ ; 年均水资源模数为 4.32 万  $\text{m}^3/\text{km}^2$ , 产水系数为 0.10。

### 2.1 水资源的地区分布

多沙粗沙区第一期治理区年均水资源总量为 10.36 亿  $\text{m}^3$ , 其中地表水资源为 10.19 亿  $\text{m}^3$ , 年均水资源模数为 5.51 万  $\text{m}^3/\text{km}^2$ , 产水系数为 0.14, 年均水资源模数和产水系数均居各期治理区之首; 第二期治理区年均水资源总量、年均地表水资源量、年均水资源模数和产水系数分别为 9.46 亿  $\text{m}^3$ 、7.99 亿  $\text{m}^3$ 、4.58 万  $\text{m}^3/\text{km}^2$  和 0.11, 年均水资源模数和产水系数均介于一、三期治理区之间; 第三期治理区年均水资源模数和产水系数均为最小(见表 1)。

以上水资源模数和产水系数的地区分布状况与前述降水量的地区分布恰好相反, 主要原因有以下两方面: 一是多沙粗沙区西北部地区大多是风化严重的砂页岩集中分布区, 而且沟壑密度大、坡度陡, 与黄土丘陵区相比更不利于降水的人渗补给, 极有利于产汇流; 二是多沙粗沙区西北部地区是多沙粗沙区的主要暴雨中心, 年内降水更集中。

### 2.2 水资源的年代变化

由图 1 可以看出, 1956~2000 年多沙粗沙区各年代年均水资源总量与降水量的变化趋势完全一致, 20 世纪 50、60 年代年均水资源总量最大, 20 世纪 90 年代最小, 20 世纪 80 年代与 90

年代比较接近。各期治理区各年代年均水资源总量变化趋势与降水量基本一致。

## 3 泥沙

多沙粗沙区 1954~1969 年年均全沙输沙量为 11.82 亿 t, 年均输沙模数为 15 038  $\text{t}/\text{km}^2$ 、年均单位地表水资源产沙量为 379.1  $\text{kg}/\text{m}^3$ 、年均单位降水产沙量为 35.7  $\text{kg}/\text{m}^3$ , 其中粒径  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的粗泥沙输沙量、输沙模数、单位地表水资源产沙量和单位降水产沙量分别为 0.89 亿 t、1 132  $\text{t}/\text{km}^2$ 、28.5  $\text{kg}/\text{m}^3$  和 2.7  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

### 3.1 泥沙地区分布

多沙粗沙区第一期治理区年均全沙输沙量为 4.08 亿 t, 年均输沙模数为 21 699  $\text{t}/\text{km}^2$ , 其中粒径  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的粗泥沙输沙模数为 3 244  $\text{t}/\text{km}^2$ , 全沙和粒径  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的粗泥沙年均输沙模数均居各期治理区之首; 第二期治理区年均全沙输沙量、年均输沙模数和粒径  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的粗泥沙年均输沙模数分别为 2.81 亿 t、13 619  $\text{t}/\text{km}^2$  和 727  $\text{t}/\text{km}^2$ , 全沙和粒径  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的粗泥沙年均输沙模数均介于一、三期治理区之间; 第三期治理区全沙和粒径  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的粗泥沙年均输沙模数均为最小(见表 2)。

以上情况表明: 暴雨集中的降水特点和砂页岩居多的下垫面条件, 使得多沙粗沙区第一期治理区全沙和粒径  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的粗泥沙年均输沙模数最大; 随着下垫面和降水情况的渐变, 第二期治理区次之, 第三期治理区最小。

表 2 黄河中游多沙粗沙区水沙量分析成果

分 期	面积 ( $\text{km}^2$ )	降水总量 (亿 $\text{m}^3$ )	地表水资源量 (亿 $\text{m}^3$ )	输沙量(亿 t)		输沙模数 [ $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ]		单位地表水资源 产沙量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )		单位降水产沙强度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	
				全沙	$d \geq 0.1 \text{ mm}$	全沙	$d \geq 0.1 \text{ mm}$	全沙	$d \geq 0.1 \text{ mm}$	全沙	$d \geq 0.1 \text{ mm}$
第一期	18 803	73.65	10.19	4.08	0.61	21 699	3 244	400.4	59.9	55.4	8.3
第二期	20 633	87.94	7.99	2.81	0.15	13 619	727	351.7	18.8	32.0	1.7
第三期	39 163	169.42	13.00	4.93	0.13	12 588	332	379.2	10.0	29.1	0.8
全 区	78 599	331.01	31.18	11.82	0.89	15 038	1 132	379.1	28.5	35.7	2.7

注: 沙量为 1954~1969 年平均值, 水量为 1956~1969 年平均值。

### 3.2 单位地表水资源产沙量地区分布

多沙粗沙区第一期治理区单位地表水资源全沙和粒径大于 0.1 mm 的粗泥沙产沙量分别为 400.4  $\text{kg}/\text{m}^3$  和 59.9  $\text{kg}/\text{m}^3$ , 均居各期治理区之首; 第二期治理区单位地表水资源全沙产沙量为 351.7  $\text{kg}/\text{m}^3$ , 小于第一期治理区, 单位地表水资源粒径  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的粗泥沙产沙量为 18.8  $\text{kg}/\text{m}^3$ , 介于一、三期治理区之间(见表 2)。

### 3.3 单位降水产沙量地区分布

多沙粗沙区第一期治理区单位降水全沙和粒径大于 0.1 mm 的粗泥沙产沙量分别为 55.4  $\text{kg}/\text{m}^3$  和 8.3  $\text{kg}/\text{m}^3$ , 均居各期治理区之首; 第二期治理区分别为 32.0  $\text{kg}/\text{m}^3$  和 1.7  $\text{kg}/\text{m}^3$ , 均介于一、三期治理区之间; 第三期治理区单位降水全沙和粒径  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的粗泥沙产沙量均为最小(见表 2)。

按照对黄河中游多沙粗沙区治理“先粗后细、分期实施”的战略部署, 结合输沙模数、单位地表水资源产沙量和单位降水产沙量的分布规律, 可以认定位于多沙粗沙区北部的第一期治理区是当前向黄河输送粗泥沙的集中区域, 应当首先作为黄河

“治沙”工程的重点地区, 尽快安排实施。

## 4 结 论

(1) 多沙粗沙区年均降水量为 421.2 mm, 折合降水总量为 331.01 亿  $\text{m}^3$ 。降水受纬度、水汽来源以及地形变化的综合影响, 其特点是第一期治理区最小, 第三期治理区最大。

(2) 多沙粗沙区年均水资源总量为 33.93 亿  $\text{m}^3$ , 其中地表水资源为 31.18 亿  $\text{m}^3$ 、年均水资源模数为 4.32 万  $\text{m}^3/\text{km}^2$ 、产水系数为 0.10。年均水资源模数和产水系数的地区分布状况与降水量的地区分布恰好相反, 这是由下垫面条件和降水特点共同决定的。

(3) 1956~2000 年, 多沙粗沙区各年代年均降水量和水资源总量总体呈递减趋势, 且递减幅度逐渐趋缓, 20 世纪 50、60 年代年均降水量和水资源总量均为最大, 20 世纪 90 年代降水量和水资源总量均为最小。各治理分区各年代年均降水量和水资源总量变化趋势与降水量基本一致。

(4) 多沙粗沙区 1954~1969 年年均全沙输沙量为 11.82 亿

# 电场处理对毛乌素沙地沙生植物抗逆性影响的研究进展

黄洪云<sup>1</sup>, 那 日<sup>1</sup>, 杨 生<sup>2</sup>

(1. 内蒙古大学 理工学院, 内蒙古 呼和浩特 010021;

2. 中国农业科学院 草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010)

[关键词] 电场; 沙生植物; 抗逆性; 毛乌素沙地

[摘 要] 随着国家西部大开发战略的实施, 沙漠治理工作再次受到社会各界的重视。在国家自然科学基金的资助下, 自 2002 年以来, 将电场技术应用于毛乌素沙地沙生植物抗逆性研究中, 结果表明, 恰当的电场处理更有利于种子的萌发及苗的生长, 增强了其抗旱抗寒能力。对这些进展作了一些总结并展望了今后的研究前景。

[中图分类号] S157 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2007)01-0043-04

毛乌素沙地地处鄂尔多斯高原, 属干旱和半干旱沙区, 自然条件恶劣, 沙漠化严重, 是我国荒漠化发生发展的中心地区之一<sup>[1]</sup>。自西部大开发战略实施以来, 该地区成为我国防治沙漠化的一个重点区域, 而飞播是毛乌素沙地植被恢复的重要手段, 但此项技术仍存在问题, 如飞播后成苗率较低等<sup>[2]</sup>。飞播能否成功的关键在于种子能否发芽, 幼苗能否顺利出土与定居, 这些过程主要受控于种子对沙地环境的适应能力, 因此提供抗逆性强的优质的沙生植物种子是关键。

2002 年以来, 在国家自然科学基金的资助下, 我们用电场处理种子提高沙生植物抗逆性的研究已取得重要进展, 形成特色和优势。本文结合这些成果, 对近年来开展的电场处理种子提高沙生植物抗逆性的研究进行介绍, 阐述了电场对沙生植物生理生化的影响, 从生理生态学的角度探讨电场对沙生植物种子萌发和抗逆性的影响机制, 确定了提高沙生种子抗逆性的最佳电场强度。

## 1 研究方法

### 1.1 研究地点与物种

研究地点在内蒙古毛乌素沙地, 地理位置 39°60'N、110°11'E, 海拔 1 300 m。年均温 6.0~8.5℃, 1 月平均温度 -12~-1℃, 7 月平均温度 21~22℃。年均降水量 150~400 mm, 多集中于 6~9 月。无霜期为 130~150 d, 年日照时数为 2 800~3 100 h, 平均风速为 3~3.5 m/s。该地区属荒漠—草原—森林过渡地带<sup>[1]</sup>。

白沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala* Krash)、沙蒿 (*Artemisia araria* D. C.)、柠条 (*Caragana korshinskii*) 和油蒿 (*Artemisia ordosica*) 是鄂尔多斯高原广泛分布的 4 种植物, 是该地区不同植被演替阶段的优势植物<sup>[3]</sup>, 同时也是飞播使用的主要优势物种, 因此我们以上述 4 种沙生植物为研究对象。油蒿是菊科蒿属半灌木, 高可达 0.6~1 m, 叶羽状全裂, 主要分布于内蒙古、宁夏、陕西, 是毛乌素沙地中分布最广泛的沙生植物群落的优势种, 普遍见于半固定与固定的沙丘沙地, 被认为是沙地天然植物, 是当地主要的天然放牧草, 并具有较好的固沙功能。柠条是豆科锦鸡儿属落叶灌木, 高 0.7~2 m, 长枝上的托叶硬化成针刺, 羽状复叶, 小叶 3~8 对, 小叶椭圆形或倒卵状椭圆形, 主要分布于我国宁夏、内蒙古、山西和陕西, 具有良好的固沙性能, 耐沙埋、抗风蚀, 能在沙地上形成稳定的群落, 是鄂尔多斯高原防护林的主要灌木树种, 也是本区草—林—农复合系统中灌木带的优势组成者。

一期治理区是当前向黄河输送粗泥沙的集中区域, 应当首先作为黄河“治沙”工程的重点地区, 尽快安排实施。

[作者简介] 潘启民 (1963-), 男, 河南杞县人, 高级工程师, 从事水文、水资源研究。

[收稿日期] 2006-07-04

(责任编辑 张培虎)

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目 (50267001)

t, 年均全沙输沙模数为 15 038 t/km<sup>2</sup>, 其中粒径 ≥ 0.1 mm 的年均粗泥沙输沙量和年均输沙模数分别为 0.89 亿 t 和 1 132 t/km<sup>2</sup>。全沙和粒径 ≥ 0.1 mm 的粗泥沙年均输沙模数、单位地表水资源粒径 ≥ 0.1 mm 的粗泥沙年均产沙量、单位降水全沙和粒径 ≥ 0.1 mm 的粗泥沙年均产沙量均是第一期治理区最大、第三期治理区最小。

(5) 按照对黄河中游多沙粗沙区治理“先粗后细、分期实施”的战略部署, 结合输沙模数、单位地表水资源产沙量和单位降水产沙量等的分布规律, 可以认定位于多沙粗沙区北部的第